

УДК 533.9:53.098

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЯДЕР В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДА

*Н.Г. Ивойлов, М.М. Бикчантаев, О.А. Стребков, Ю.Э. Халабуда,
А.Х. Гильмутдинов, А.В. Волошин, А.В. Протасов*

Аннотация

Методами масс-спектрометрии, растровой электронной микроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа исследованы продукты, возникающие в результате низкоэнергетического электроразряда между угольными электродами в водном растворе глицерина. Установлено, что формирующийся в процессе эксперимента осадок обладает отличающимся от исходных составляющих химическим составом и микроструктурой. Обсуждается вопрос о механизме и катализаторе протекания низкоэнергетической ядерной трансформации.

Ключевые слова: жидкость, электроразряд, низкотемпературная плазма, магнитное поле, трансформация химических элементов.

Введение

Первое сообщение о трансформации ядер при высоких температурах опубликовано в 1922 году [1]. В этой работе уверенно наблюдалось образование гелия при электрическом взрыве тонких проволочек вольфрама в вакууме под действием приложенного напряжения 30 кВ. Следующие значимые работы [2–4] показали, что при электровзрыве титана в жидкости уверенно фиксируется как изотопное искажение самого титана, так и образование целого ряда новых элементов. Электровзрыв инициировался разрядом конденсаторной батареи с напряжением 5 кВ, а ток импульсного разряда достигал 150 кА. Ядерные превращения при электроразряде между угольными электродами в воде были зафиксированы и при низкоэнергетическом инициировании [5]: использовалось постоянное напряжение 25 В, а ток разряда не превышал 20 А. Низкоэнергетическая методика синтеза многих элементов из воды при электрическом разряде между медными электродами продемонстрирована также в работе [6]. Во всех случаях наблюдался синтез химических элементов в стабильном состоянии.

Целью настоящей работы являются:

- 1) дополнительное подтверждение низкоэнергетической трансформации химических элементов при электроразряде;
- 2) обсуждение вопроса о механизме и катализаторе протекания низкоэнергетической трансформации химических элементов.

1. Экспериментальная установка и методы исследования

В описываемых ниже экспериментах электрический разряд производился между угольными электродами \varnothing 6 мм марки ОСЧ 7-2 в 30%-ном растворе глицерина марки ПК-94 в дистиллированной воде. Схема электроразрядной ячейки с указанием элементов, позволяющих автоматически поддерживать разряд, приведена на рис. 1.

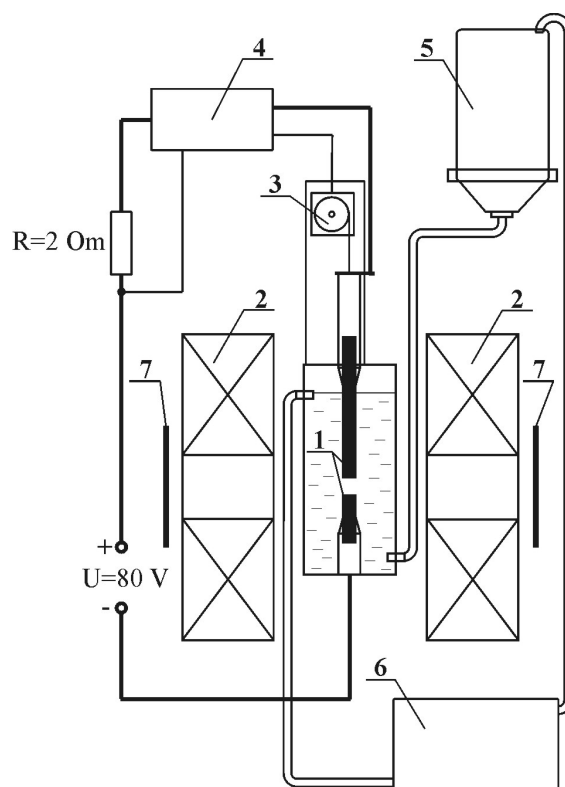


Рис. 1. Схема электроразрядной ячейки: 1 – угольные электроды (верхний подвижный и нижний неподвижный), 2 – катушки Гельмгольца, 3 – устройство подъема и опускания подвижного электрода, 4 – блок управления устройством подъема и опускания, 5 и 6 – сливная и заливная емкости, 7 – места постановки рентгеновских пленок

Подобная разрядная ячейка использовалась нами и ранее [7]. В настоящей работе для обеспечения безопасности экспериментатора от вредных химических и других воздействий была введена система автоматизации процесса разряда с элементами дистанционного управления. Задачу контролируемого поведения верхнего угольного электрода 1 (при неподвижном нижнем электроде) выполняло автоматическое устройство подъема и опускания электрода 3. Автоматический режим работы устройства обеспечивался блоком 4 за счет включения обратной связи по току через балластный резистор R . При использовании автоматического устройства разряда частота прерывания тока составляла 2–5 Гц, а максимальный ток разряда при постоянном напряжении источника питания 80 В не превышал 30 А. Катушки Гельмгольца 2 служили для сепарации возникающего магнитного излучения, а фотопленки 7 – для регистрации этого излучения.

Объем глициринового раствора в электроразрядной ячейке составлял 300 мл. За 5 мин разряда происходил существенный разогрев раствора. Известно, что с повышением температуры происходит разложение глицерина. Для предотвращения перегрева и изменения свойств раствора используемая нами разрядная ячейка была изготовлена в виде проточной системы с циркуляцией и охлаждением рабочей жидкости. Объем сливной 6 и заливной 5 емкостей составлял 5 л. Скорость прокачки жидкости выбиралась на основе температурных измерений и была установлена

в диапазоне 400–500 мл/мин. Типичное время проведения одного цикла электролиза составляло 40–60 мин.

Для определения химического состава и исследования микроструктуры нами использовались методы масс-спектрометрии, электронной микроскопии и рентгено-флуоресценции.

Масс-спектрометрия выполнялась на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой ICP-MS ELAN DRC II фирмы Perkin Elmer. Электронная микроскопия проводилась на растровом микроскопе фирмы Jeol JSM-6460LV, снабженным энергодисперсионным спектрометром (EDS) Oxford INCA Energy 300, что позволило исследовать химический состав полученных продуктов методами интегрального и поточечного анализа, а также исследовать микроструктуру некоторых проб. Для получения изображения использовались детекторы электронов. Качественный элементный анализ проводился на рентгено-флуоресцентном спектрометре «Спектроскан-У» производства ООО «Спектрон» (г. Санкт-Петербург).

Исследования продуктов реакции проводились в пробах, полученных из осадка, образовавшегося в зоне разряда. Контролировалось также изменение элементного состава участвовавших в экспериментах электродов.

Для оценки изменения химического состава электродов в процессе электролиза с их рабочих поверхностей после экспериментов скалывались поверхностные слои (< 1 мм), которые затем измельчались до порошкообразного состояния.

Для выделения осадка из рабочей жидкости, полученной в результате эксперимента, использовались беззольные фильтры Filtrak 390. Осадок, оставшийся после фильтрации раствора, смывался с фильтра дистиллированной водой и выпаривался для получения порошкообразной пробы.

Необходимо отметить, что, при сохранении условий самого эксперимента количество примесей, образующихся в растворе, заметно менялось от опыта к опыту. Если за количественную характеристику эксперимента принять вес осадка, образующегося при протекании разряда, то можно утверждать, что количество синтезированных элементов в разных экспериментах, при неизменных условиях эксперимента, могло изменяться от 2 до 10 раз. Возможная причина такой плохой воспроизводимости экспериментов будет обсуждена ниже.

2. Масс-спектрометрические исследования химического состава электродов и осадочных продуктов

Для определения количества химических примесей в угольных электродах проводились масс-спектрометрические исследования. При этом электроды (анод и катод) исследовались как до разряда, так и после проведения разряда. Масс-спектрометрическому исследованию подвергался также и осадок, который образовывался непосредственно в самой глицирине во время проведения электролиза. Пробоподготовка этих образцов осуществлялась описанным выше способом. Типичные результаты полук количественного анализа элементного состава электродов и глициринового осадка для одного из вариантов исследования приведены в табл. 1. Всего методом масс-спектрометрии были проанализированы пробы осадков и электродов после семи экспериментов, идентичных по способу проведения разряда. Качественный состав вновь образованных элементов во всех случаях был одним и тем же, а вот относительные количества образовавшихся в осадке элементов варьировались в диапазоне, заметно превышающие пределы ошибок измерений $\pm 10\%$.

Результаты, приведенные в табл. 1, показывают, что значимое количество новых элементов после проведения электролиза появляется как на поверхности самих электродов, так и в осадке.

Табл. 1

Полуколичественный анализ образцов (ошибка $\pm 10\%$)

Элемент	Исходный электрод, мкг/г	Электрод «катод», мкг/г	Электрод «анод», мкг/г	Осадок, мкг/г
Mg	8	160	36	415
Al	8	13	14	189
K	–	36	36	566
Ca	–	36		274
Cr	–			19
Mn	–	14		85
Fe	–	58	11	2547
Ni	–			47
Cu	–	36	11	2264
Zn	–	36		387
Ag	–			57
Sn				26

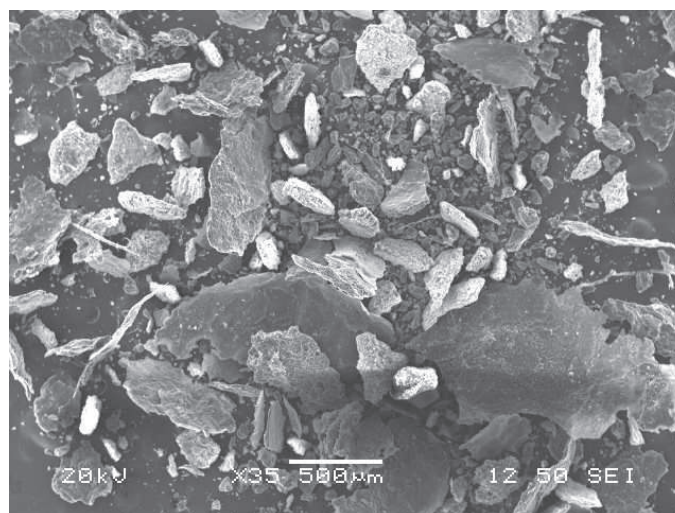


Рис. 2. Общий вид частиц осадка

3. Растровая электронная микроскопия и микрорентгеноспектральный анализ

Микроструктура исходного электрода представляет собой кристаллический графит. Методом микрозондового анализа был определен количественный состав электрода: углерода – 94.03 ± 0.5 масс.% и кислорода – 5.97 ± 0.5 масс.%. Типичная электронно-микроскопическая фотография осадка представлена на рис. 2.

На микрофотографии видна смесь различных по форме и размерам частиц. По своей топологической форме они представляют собой уплотненные, неправильные, слегка удлиненные пакеты тонких пластинок и чешуек. Анализируя микростроение пластинок при разных увеличениях, можно сделать вывод о том, что они имеют слоистое строение с толщиной слоя порядка 1–1.5 мкм. На рис. 3 представлен фрагмент уплотненного «корковидного» агрегата с пузырьчатой неровной поверхностью.

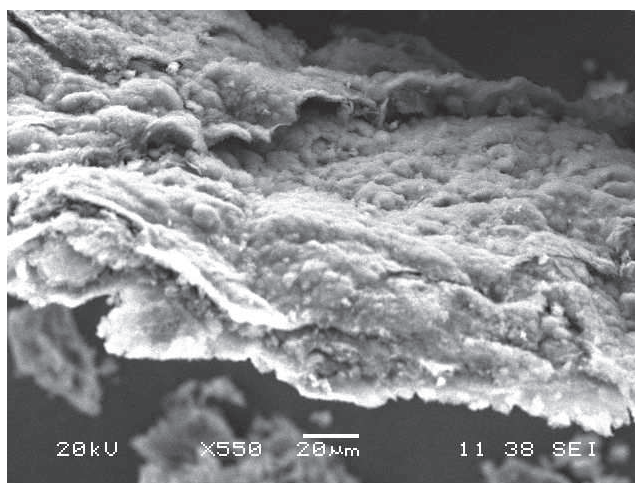


Рис. 3. Структура пластин осадка

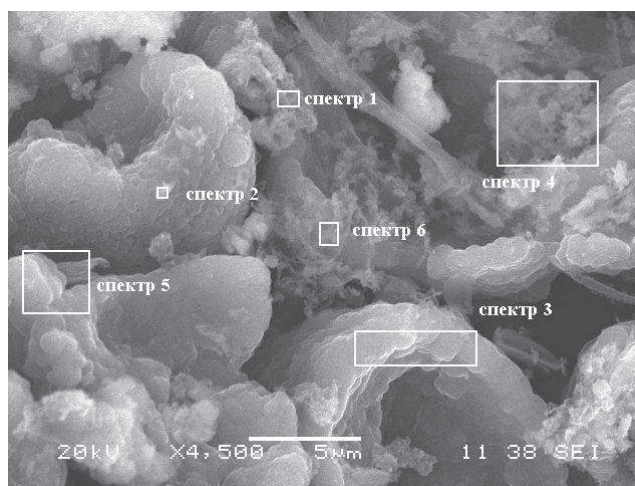


Рис. 4. Микростроение пластин осадка

При просмотре рисунка создается впечатление оплавленной поверхности. Сам по себе чистый углерод не дает таких поверхностей, но при наличии в составе углерода других элементов появление такой «оплавленной» поверхности возможно. На следующей микрофотографии (рис. 4) показаны «шарообразные» и «чашеобразные» агрегаты осажденных частиц, состоящие из более мелких «шариков». Микронзондовый элементный анализ проведен в 6 областях, отмеченных рамками. Выделенная площадь каждой области соответствует области микронзондирования.

Области 3 и 6 состоят в основном из углерода с малым содержанием примеси, тогда как область 2, морфологически эквивалентная области 3, содержит значительное количество примесных элементов. Данное обстоятельство свидетельствует о неоднозначном соответствии формы частиц их химическому составу. Результаты элементного анализа осажденных частиц с выделенных на рис. 4 областей показаны в табл. 2 (ошибка для C,O составила ± 0.5 масс.%, для остальных элементов не превышает ± 0.02 масс.%).

Табл. 2

Результаты элементного анализа осажденных частиц

Номер спектра	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn
1	58	25.4	0.9	0.23	0.69	3.39	0.73	1.42	2	1.09	5.5		0.19
2	53	28.1	1.3	0.35	0.46	3.09	0.49	2.01	1.27	1.09	9.1		0.13
3	95	5.01							0,2				
4	62	28.2	0.8	1.59	0.08	0.31			0.95		1.03	0.45	4.5
5	63	29.7	1.6	1	0.2	0.53			2.69		1.11	0.29	
6	88	9.51		0.64		0.28			0.11		0.34		1.43

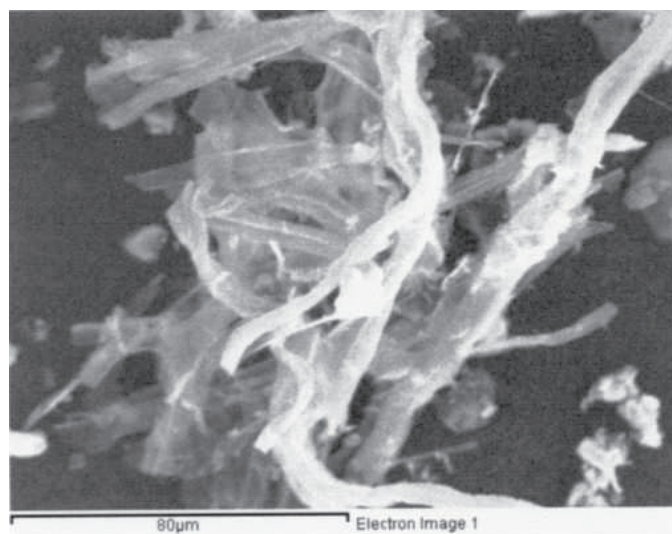


Рис. 5. Микростроение трубчатых структур

Структура, изображенная на рис. 5, представляет собой волокнистый, трубчато-образный агрегат. Отдельные элементы агрегата имеют удлиненные формы с резким преобладанием длины над шириной. С помощью микрозондового анализа было установлено, что клубковые и трубчатые скопления являются углеродными структурами с невысоким количеством примесей Si, Na, K. В осадке присутствуют также одиночные частицы с большим содержанием синтезированных элементов. Например, на рис. 6, *a* представлена одна из таких частиц, для которой было проведено картирование по 5 элементам рис. 6, *б–е*. Концентрации синтезированных элементов представлены в табл. 3 (ошибка для C, O составила ± 0.5 масс.%, для остальных элементов не превышает ± 0.02 масс.%).

4. Рентгенофлуоресцентный анализ

Для проведения рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) использовались частицы объемом ~ 0.2 см³, которые извлекались из осадков, полученных в результате нескольких циклов электроразряда. При исследовании РФА-спектров учитывалось наличие аппаратного спектра в самом спектрометре и возможное содержание анализируемых элементов в исходном состоянии угольного графита. Суммарный вклад этих эффектов показан светлыми столбиками на гистограмме рис. 7.

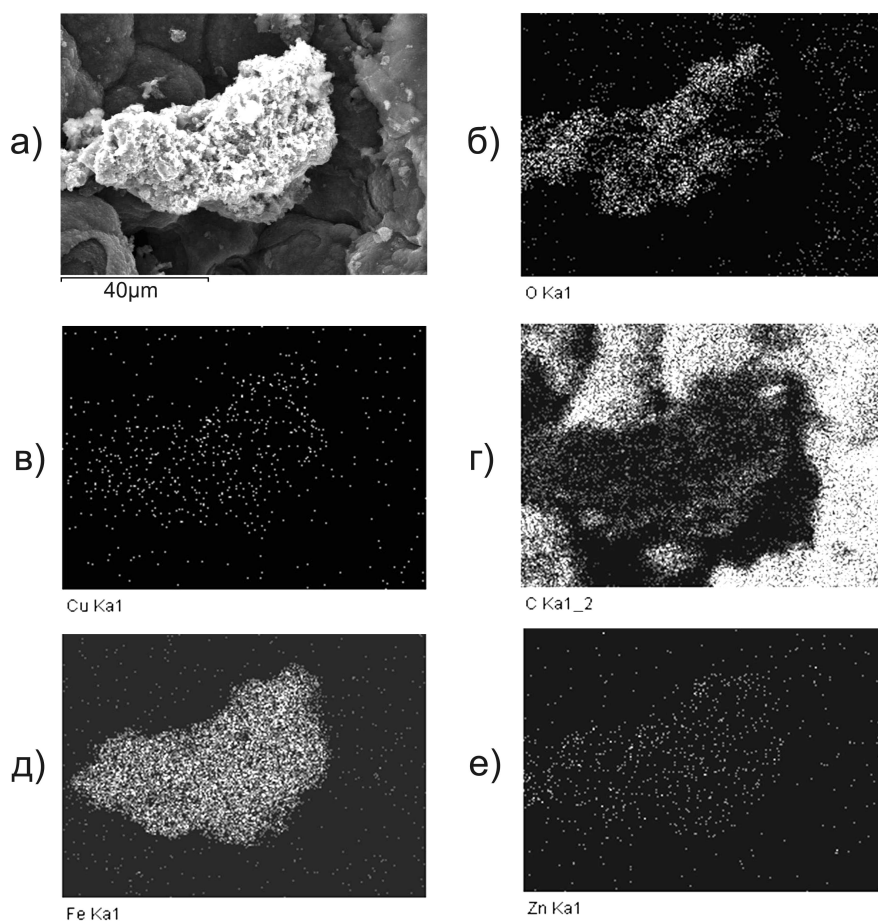


Рис. 6. а) изображение частицы во вторичных электронах; картирование частицы в характеристическом рентгеновском излучении: б) O; в) Cu; г) C; д) Fe; е) Zn

Табл. 3

Результат интегрального элементного анализа картированной частицы

Элемент	% масс.	% атом.
C	24.56	48.63
O	18.22	27.09
Mg	0.11	0.11
Al	0.24	0.21
Si	0.22	0.18
P	0.32	0.25
Ca	0.70	0.41
Fe	50.02	21.31
Cu	1.42	0.53
Zn	3.17	1.15
Pb	1.02	0.12

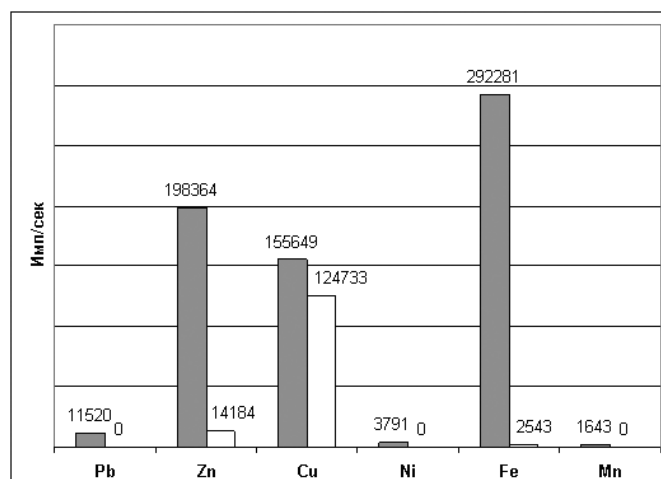


Рис. 7. Относительные интенсивности спектроскопических линий (РФА) накопленного осадка

Темными столбиками изображены интенсивности линий РФА осадка, полученного в результате электролиза. Приведенная гистограмма убедительно свидетельствует о появлении новых элементов после проведения электролиза.

5. Обсуждение результатов и выводы

В результате проведенных исследований мы пришли к выводу о том, что в процессе низкоэнергетического электролиза в водном растворе глицерина наблюдается явление трансформации ядер исходных химических элементов. Результаты настоящей работы качественно совпадают с результатами работ [2–6], что дает основания говорить об идентичности механизма протекающих реакций.

При обсуждении вопроса о механизме протекания низкоэнергетической трансформации химических элементов при электролизе необходимо, на наш взгляд, обратить внимание на три основные черты всех этих экспериментов.

Первое – нестабильность во времени скорости протекающих процессов. Впервые эта нестабильность отмечена в работе [1], в которой наблюдалась 18-кратная вариация количества получаемого гелия при электролизе вольфрама в вакууме при практически одинаковых условиях экспериментов. Кроме того, в демонстрационной работе [6], где электролиз проводился в воде, отмечена почти 20-кратная спонтанная вариация количества синтезированных продуктов в экспериментах, проведенных в различное время при постоянстве основных условий самих экспериментов. В настоящей работе также наблюдалась существенная вариация количества синтезированных элементов при сохранении режима разряда.

Второе – в работе [2] при электролизе металла в жидкости регистрировались одновременно трансформация химических элементов и «странный» излучение, фиксируемое ядерной фотоэмульсией в виде необычных своеобразных, прерывистых треков. В работе [7] аналогичные по характеру треки, генерируемые электролизом в жидкости, зафиксированы на свежееизготовленных рентгеновских пленках, причем количество фиксируемых треков при полностью одинаковых условиях проведения эксперимента также сильно варьирует во времени.

И третье – очень важным является тот факт, что все химические элементы, синтезируемые в процессе электролиза, являются стабильными изотопами.

Каков механизм процессов, зафиксированных экспериментами, при которых наблюдается синтез (или трансформация) элементов?

В настоящее время не существует теоретических моделей, объясняющих протекание наблюдаемых низкоэнергетических ядерных реакций. Лишь в работе [8] выдвинуто предположение о том, что существует некоторый катализатор, который объединяет ядра в кластер, создает условия резонанса и инициирует обмен нуклонами. Роль такого катализатора, по мнению авторов этой работы, может выполнять магнитный монополю Ж. Лошака, который является магнитно-возбужденным нейтрино, то есть лептоном, и может участвовать в электрослабых взаимодействиях. Такой монополю может быть рожден, например, при «электромагнитных явлениях в конденсированных средах».

К сожалению, авторы этой работы [8] не конкретизировали условия рождения самого магнитного монополя и условия, при которых магнитный монополю может инициировать низкоэнергетические ядерные процессы. Однако сама идея объяснения протекающих ядерных превращений влиянием сильного магнитного поля нам кажется привлекательной.

Поскольку любой электрический разряд можно представить как, пусть короткое, но плазменное состояние движущихся ионов, то влияние магнитного поля на состояние плазмы необходимо учитывать. Такой анализ был проведен в экспериментальной работе И.В. Курчатова [9]. Показано, что при некоторых нестационарных условиях создания сильного магнитного поля на движущуюся плазму в газовом разряде возможно возбуждение термоядерных реакций. При этом максимальная величина тока плазмы достигала 500 кА. При таких значениях протекающего тока в тонком плазменном канале оценка величины магнитного поля дает величину $> 10^4$ Тл.

Если проводить аналогию с работой [9], необходимо найти источник большого магнитного поля, поскольку используемые при электроразряде величины токов (< 100 А) не могут создать магнитные поля большой величины. Однако при этом уверенно наблюдается трансформация химических элементов. Необходимое большое магнитное поле можно ожидать вблизи магнитного монополя. При его наличии, согласно предположениям, высказанным в работе [8], могут протекать низкоэнергетические ядерные процессы.

Как уже отмечалось в работах [2, 7], электроразряд сопровождается «странным» излучением, причем, как показали эксперименты, это излучение носит чисто магнитный характер. Если своеобразные треки как на ядерной эмульсии, так и на свежих качественных рентгеновских пленках оставляют магнитные монополи, то какова природа их возникновения?

Согласно предположениям Ж. Лошака [10], магнитный монополю – это магнитно-возбужденное нейтрино. Для проверки этого предположения мы поместили в постоянное магнитное поле напряженностью 2 Тл источник β -излучения (Sr^{90}) и рентгеновские пленки необходимого качества. В результате на рентгеновских пленках были зафиксированы весьма характерные треки [7]. Но, как оказалось, эти характерные треки в меньшем количестве появляются на рентгеновских пленках, помещенных в магнитное поле и без источника β -излучения. Следовательно, в магнитном поле идет процесс β -распада какой-то компоненты космического излучения. Доказательством этому служит значительная временная вариация количества фиксируемых треков за одинаковое время нахождения пленок в постоянном магнитном поле. При этом нами зафиксирована прямая корреляция между количеством регистрируемых треков и величиной магнитного поля [7]. Эффект имел пороговый характер и наблюдался только в магнитных полях, превышающих значение $H = 0.5$ Тл. При меньших магнитных полях треки не фиксировались.

Нами была также обнаружена качественная корреляция между количеством треков фиксируемых на пленках, которые находились в постоянном магнитном поле $H = 2$ Тл, и количеством треков фиксируемых на пленках, находящихся вблизи проведения электроразряда. Эксперименты проводились синхронно (одновременно) в пределах одной лаборатории. Принимая во внимание описанные эксперименты, можно понять причину временной вариации количества синтезируемых элементов при проведении электроразряда и условия появления магнитных монополей Ж. Лошака.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- 1) продемонстрирована реальная трансформация ядер в условиях электроразряда;
- 2) получен ряд экспериментальных подтверждений в пользу реальности существования монополя Лошака и выявлена его роль как катализатора протекания реакций трансформации химических элементов в плазме электроразряда.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность и признательность профессору Л.И. Уруцкоеву за плодотворное обсуждения этой работы.

Summary

N.G. Ivoilov, M.M. Bikchantaev, O.A. Strebkov, Yu.E. Khalabuda, A.Kh. Gil'mutdinov, A.V. Voloshin, A.V. Protasov. Nuclei Transformation in Electric Discharge Conditions.

The products obtained through a low-energy electric discharge between carbon electrodes in glycerin's water solution are investigated by means of mass spectrometry, raster electronic microscopy, and X-ray fluorescence analysis. The residue formed during experiment is found to possess chemical composition differing from the initial components in its chemistry and microstructure. The mechanism and the catalyst of a low-energy nuclear transformation course are discussed.

Key words: liquid, electric discharge, low-temperature plasma, magnetic field, transformation of chemical elements.

Литература

1. *Wendt G.L., Irion C.E.* Experimental Attempts to Decompose at high Temperatures // Amer. Chem. Soc. – 1922. – V. 44 – P. 1887–1894.
2. *Уруцкоев Л.И., Ликсонов В.И., Циноев В.Г.* Экспериментальное обнаружение «странного» излучения и трансформация химических элементов // Прикл. физика. – 2000. – № 4. – С. 83–100.
3. *Доровской В.М., Елесин Л.А., Столяров В.Л., Стеблевский А.В., Уруцкоев Л.И., Филиппов Д.В.* Исследование продуктов электровзрыва титановых фольг с помощью электронного микроскопа // Прикл. физика. – 2006. – № 4. – С. 28–34.
4. *Priem D., Racineux G., Lochak G., Daviau C., Frague D., Karatchentcheff M., Lehn H.* Electrically exploded wire in water // 28th ICPIG. – 2007. – Topic 17.
5. *Porrington M.* Low Energy Induced Nuclear Fusion // Ann. Fond. L. de Broglie. – 2003. – V. 28, No 2. – P. 1108–1129.
6. *Паньков В.А., Кузьмин Б.П.* Демонстрационная методика синтеза элементов из воды в плазме электрического разряда // Актуальные проблемы современной науки. – 2008. – № 5 (44). – С. 112–116.
7. *Ивойлов Н.Г.* Низкоэнергетическая генерация «странного» излучения // Георесурсы. – 2005. – № 2(17). – С. 38–40; // Georesources. – 2005. – No 1(9). – P. 21–23; // Ann. Fond. L. de Broglie. – 2006. – V. 31, No 1. – P. 115–123.

8. *Уруцков Л.И., Филиппов Д.В.* Возможна ли трансформация ядер в низкотемпературной плазме с точки зрения законов сохранения? // Прикл. физика. – 2004. – № 2. – С. 30–35.
9. *Курчатов И.В.* О возможности создания термоядерных реакций в газовом разряде // Усп. физ. наук. – 1956. – Т. LIX, Вып. 4. – С. 603–618.
10. *Лошак Ж.* О возможности легкого, лептонного магнитного монополя, способного влиять на слабые взаимодействия // Прикл. физика. – 2003. – № 3. – С. 10–13.

Поступила в редакцию
23.04.09

Ивойлов Николай Григорьевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твердого тела Казанского государственного университета.

E-mail: *ivoilov@rambler.ru, nivoilov@ksu.ru*

Бикчантаев Масгут Махмудович – электроник 1 кат. кафедры физики твердого тела Казанского государственного университета.

E-mail: *masgut52@rambler.ru*

Стребков Олег Александрович – аспирант кафедры физики твердого тела Казанского государственного университета.

Халабуда Юрий Эдуардович – заведующий лабораторией ядерной физики кафедры физики твердого тела Казанского государственного университета.

Гильмутдинов Альберт Харисович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики Казанского государственного университета.

E-mail: *albert.gilmutdinov@ksu.ru*

Волошин Александр Викторович – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры общей физики Казанского государственного университета.

E-mail: *alexandr.voloshin@ksu.ru*

Протасов Андрей Владимирович – аспирант Физико-технического института УрО РАН, г. Ижевск.

E-mail: *protasov@fnms.fti.udm.ru*